



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 12 516 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
F 16 H 57/12
F 16 H 1/48
F 16 H 55/18

②① Aktenzeichen: 197 12 516.6
②② Anmeldetag: 25. 3. 97
④③ Offenlegungstag: 1. 10. 98

DE 197 12 516 A 1

⑦① Anmelder:
C.H. Schäfer Getriebe GmbH, 01896 Ohorn, DE
⑦④ Vertreter:
Viering, Jentschura & Partner, 80538 München

⑦② Erfinder:
Schäfer, Günter, Dr.-Ing., 13129 Berlin, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

DE 44 11 604 A1
DE 25 58 093 A1
EP 05 05 140 A1
EP 0 84 197 A1

TÖNSHOFF; Hans (u.a.): Spielfreie Planetengetriebe für Industrieroboter. In: antriebstechnik, 1990, Jg.29, Nr.12, S.57-60;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Planetengetriebe

⑤⑦ Planetengetriebe mit einem Paar von Sonnenrädern, die drehfest auf einer gemeinsamen Antriebswelle angeordnet sind, einem zu den Sonnenrädern konzentrischen Paar von Hohlrädern, einer Mehrzahl von Paaren von Planetenrädern, die mit den Sonnenrädern und mit den Hohlrädern in Eingriff stehen und jeweils auf einer gemeinsamen Planetenachse drehbar abgestützt sind, die an einem Planetensteg radial zur Drehachse der Antriebswelle verstellbar befestigt ist, der drehfest auf einer coaxial zur Antriebswelle angeordneten Abtriebswelle angebracht ist, wobei die Sonnenräder, Hohlräder und Planetenräder als konische Stirnräder mit über die Zahnbreite stetig veränderter Profilverschiebung ausgebildet sind, wobei die beiden Sonnenräder und die beiden Hohlräder jeweils fest zueinander angeordnet sind, und die Planetenräder auf der jeweiligen Planetenachse unabhängig voneinander axial verschiebbar sind.

DE 197 12 516 A 1

Die Erfindung betrifft ein Planetengetriebe mit einem Paar von Sonnenrädern, die drehfest auf einer gemeinsamen Antriebswelle angeordnet sind, einem zu den Sonnenrädern konzentrischen Paar von Hohlrädern, einer Mehrzahl von Paaren von Planetenrädern, die mit den Sonnenrädern und mit den Hohlrädern in Eingriff stehen und jeweils auf einer gemeinsamen Planetenachse drehbar abgestützt sind, die an einem Planetensteg radial zur Drehachse der Antriebswelle verstellbar befestigt ist, der drehfest auf einer koaxial zur Antriebswelle angeordneten Abtriebswelle angebracht ist.

Aus der EP-PS 505 140 ist ein Planetengetriebe bekannt, bei dem ein Paar von Planetenrädern und ein Paar von Sonnen- oder Hohlrädern jeweils relativ zueinander um eine Planetenachse, Antriebs- bzw. Abtriebswelle geringfügig drehbar sind, um ein mögliches Zahnflankenspiel zwischen den Rädern infolge Toleranzdifferenzen oder Abnutzung der Zähne auszugleichen. Die Räder sind jeweils als gerad- oder schrägverzahnte Stirnräder ausgebildet, wobei jeweils ein Sonnen- bzw. Hohlrad über eine Spiral- bzw. Axialkupplung mittels einer Druckfeder zu dem jeweils anderen, auf der Antriebs- bzw. Abtriebswelle feststehenden Rad axial verschiebbar ist.

Eine derartige Anordnung und Ausbildung der Sonnen-, Planeten- und Hohlräder ist aufgrund der zusätzlichen Spiral- bzw. Axialkupplung sehr aufwendig. Die jeweilige Relativdrehung der Planetenräder und der Sonnen- oder Hohlräder zueinander erfordert einen hohen Kraftaufwand, da nur ein einziges Sonnen- bzw. Hohlrad zu dem jeweils anderen Rad des Paares auf der Antriebs- bzw. Abtriebswelle axial verschiebbar ist, um den Ausgleich des Zahnflankenspiels zu bewerkstelligen, und alle weiteren Zahnräder auf der Planetenachse bzw. der Antriebs- und Abtriebswelle axial festgelegt sind. Ein solches axial relativ starres System kann zu Verspannungen und Kippmomenten sowie zu einem ungleichmäßigen Lastausgleich zwischen den Zahnradpaaren und somit zu schnellen Verschleißerscheinungen an den Zahnrädern und den Achs- und Wellenlagerungen führen. Desweiteren ist die Verstellung des Sonnen- bzw. Hohlrades aufgrund der Schrägverzahnung der Spiralkupplung bzw. der Sonnen-, Planeten- und Hohlräder selbst drehrichtungsabhängig, so daß das Planetengetriebe für nur eine Drehrichtung verwendet werden kann.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Planetengetriebe zu schaffen, bei dem mit einfachen Mitteln und fertigungstechnisch geringem Aufwand unabhängig von der Drehrichtung des Getriebes unter geringem Kraftaufwand und optimalem Lastausgleich ein zuverlässiges selbsttätiges Einstellen des Zahnflankenspiels erreicht wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die Sonnenräder, Hohlräder und Planetenräder als konische Stirnräder mit über die Zahnbreite stetig veränderter Profilverschiebung ausgebildet sind, wobei die beiden Sonnenräder und die beiden Hohlräder jeweils fest zueinander angeordnet sind, und die Planetenräder auf der jeweiligen Planetenachse unabhängig voneinander axial verschiebbar sind.

Die Ausbildung der paarweise angeordneten Sonnenräder, Hohlräder und Planetenräder als konische Stirnräder mit über die Zahnbreite stetig veränderter Profilverschiebung ermöglicht auch bei größeren Fertigungstoleranzen eine genaue Anpassung der Zahnräder zueinander, wodurch eine einfache Fertigung der Zahnräder durch geringere Fertigungsgenauigkeit und eine einfache Austauschbarkeit der Zahnräder möglich ist. Die konische Stirnverzahnung sichert bei der jeweils paarweisen Anordnung der Sonnenräder, Hohlräder und Planetenräder zueinander ausreichend große Eingriffskräfte und eine zuverlässige Drehmoment-

übertragung, so daß eine optimale Lastverteilung zwischen den Zahnradpaaren gegeben ist. Die Konizität der Stirnräder ermöglicht die Schaffung eines flexiblen Systems zum selbsttätigen Einstellen des Zahnflankenspiels, da die Kräfte zum Ausgleichen des Spiels relativ gering sind.

Da die beiden Sonnenräder und die beiden Hohlräder jeweils fest zueinander angeordnet sind, und die Planetenräder auf der jeweiligen Planetenachse unabhängig voneinander axial verschiebbar sind, ist bei Abnutzung der Zahnräder oder Toleranzdifferenzen ein Ausgleich des Zahnflankenspiels durch Axialverschiebung der jeweiligen Planetenräder einer Planetenachse relativ zueinander möglich, wobei ein Lastausgleich zwischen den Zahnradpaaren erreicht werden kann. Die jeweils feste Anordnung der beiden Sonnenräder und der beiden Hohlräder zueinander gewährleistet hierbei einen optimalen Eingriff der Verzahnung der Planetenräder mit der Verzahnung der Sonnen- und Hohlräder, wobei Kippmomente bei der Axialverschiebung der Planetenräder einer Planetenachse zueinander vermieden werden und eine sichere und zuverlässige Anpassung der jeweiligen Zahnradpaare zueinander beim Ausgleich des Zahnflankenspiels erreicht wird.

Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung können die Sonnenräder auf der Antriebswelle axial verschiebbar sein. Dadurch kann ein optimaler Lastausgleich zwischen den Zahnradpaaren erreicht werden, wenngleich eine ungleichmäßige Abnutzung der Verzahnung der Sonnen-, Planeten- bzw. Hohlräder auftritt, die zu einem unterschiedlich großen Zahnflankenspiel führt. Eine solche schwimmende Anordnung der Sonnenräder führt dazu, daß sich das gesamte System beim Ausgleich des Zahnflankenspiels durch die Axialverschiebung der Planetenräder auf der jeweiligen Planetenachse relativ zueinander derart einstellt, daß das Zahnflankenspiel gleichmäßig auf ein Minimum reduziert wird und eine gleichmäßige Lastverteilung auf die jeweiligen Zahnradpaare erreicht wird.

In vorteilhafter Weise kann die positive Profilverschiebung an den einander zugewandten Seiten des Paares von Planetenrädern und an den einander abgewandten Seiten des Paares von Sonnenrädern und Hohlrädern vorgesehen sein. Das hat den Vorteil, daß die Kraft zum axialen Verschieben des jeweiligen Planetenrades einer Planetenachse zwischen dem jeweiligen Planetenradpaar erzeugt werden kann, wodurch kein zusätzlicher Einbauraum für die Anordnung einer Kräfteerzeugungsquelle erforderlich ist.

Hierbei können in vorteilhafter Weise die Planetenräder auf der jeweiligen Planetenachse in Axialrichtung voneinander weg kraftbeaufschlagt sein. Dadurch ist nur eine einzige Kraftquelle erforderlich, die sowohl das eine als auch das andere Planetenrad der jeweiligen Planetenachse axial vorspannt und verschieben kann, um ein Zahnflankenspiel zwischen den Zahnradpaaren selbsttätig auszugleichen.

Nach einer Ausführungsform der Erfindung können die Planetenräder mittels Tellerfedern voneinander weg kraftbeaufschlagt sein. Derartige Tellerfedern sind in einfacher Weise ausgebildet und ermöglichen eine ausreichende Druckkraft zum Vorspannen der Planetenräder und zum axialen Verschieben derselben zum Zwecke des selbsttätigen Ausgleichs des Zahnflankenspiels.

Weiterhin können die Planetenräder mittels einer hydraulischen oder pneumatischen Steuereinrichtung voneinander weg kraftbeaufschlagt sein. Eine derartige Steuereinrichtung ist in einfacher Weise mit der Hydraulik- oder Pneumatikanlage einer Maschine oder eines Fahrzeuges koppelbar und ermöglicht die Erzeugung einer ausreichend großen Druckkraft zum Vorspannen des jeweiligen Planetenradpaares und zum axialen Verschieben desselben, um den Ausgleich des Zahnflankenspiels zu erreichen.

Mach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann jede Planetenachse an ihren beiden Enden mittels eines Gleitstücks radial verstellbar sein, wobei das Gleitstück jeweils in einer Durchgangsöffnung des Planetensteges verschiebbar angeordnet ist. Eine derartige radiale Verstellbarkeit der Planetenachse ermöglicht zusätzlich zu der axial verschiebbaren Anordnung der Planetenräder und der Sonnenräder einen selbsttätigen Ausgleich des Zahnflankenspiels in radialer Richtung, wenn eine ungleichmäßige Abnutzung der Verzahnung zwischen den Sonnen-, Planeten- und Hohlradern auftritt. Dadurch kann die axiale Verschiebung der Planeten- und Sonnenräder beim Ausgleich des Zahnflankenspiels in Grenzen gehalten werden, wobei der Lastausgleich zwischen den Zahnradpaaren weiter verbessert wird.

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert werden, das aus der Zeichnung ersichtlich ist. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt eines Planetengetriebes nach einer Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 2 eine Ansicht eines Gleitstücks einer Planetenachse in Richtung des Pfeils Z aus Fig. 1 gesehen.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, weist ein Planetengetriebe ein Paar von Sonnenrädern 1 und ein zu den Sonnenrädern konzentrisches Paar von Hohlradern 2 auf, wobei eine Mehrzahl von Paaren von Planetenrädern 3 mit den Sonnenrädern 1 und den Hohlradern 2 in Eingriff stehen. Die Sonnenräder 1, die Hohlräder 2 sowie die Planetenräder 3 sind als konische Stirnräder mit über die Zahnbreite stetig veränderter Profilverschiebung ausgebildet, wobei die positive Profilverschiebung an den einander zugewandten Seiten des Paares von Planetenrädern 3 und an den einander abgewandten Seiten des Paares von Sonnenrädern 1 und Hohlradern 2 vorgesehen ist.

Die Sonnenräder 1 sind auf einer gemeinsamen Antriebswelle 4 drehfest und auf dieser axial verschiebbar angeordnet und über ein Abstandsstück 5 fest miteinander verbunden. Die Hohlräder 2 sind an einem Gehäuse 6 festgelegt und mittels eines Abstandsstücks 7 fest miteinander verbunden.

Die Planetenräder 3 sind jeweils paarweise auf einer gemeinsamen Planetenachse 8 drehbar abgestützt und auf dieser unabhängig voneinander axial verschiebbar. Die Planetenachse 8 ist an einem Planetensteg 9 radial zur Drehachse der Antriebswelle 4 verstellbar befestigt, wobei der Planetensteg 9 drehfest auf einer koaxial zur Antriebswelle 4 angeordneten Abtriebswelle 10 angebracht ist.

Die Sonnenräder 1, Hohlräder 2 und Planetenräder 3 weisen jeweils dieselbe Zahnbreite auf, wobei die beiden Sonnenräder 1 und die beiden Hohlräder 2 jeweils im gleichen axialen Abstand voneinander angeordnet sind. Im verschleißlosen Zustand der Zahnradpaare befinden sich die jeweiligen Sonnenräder 1, Hohlräder 2 und Planetenräder 3 zueinander in einer axialen Ebene. Dadurch kann ein vollständiger Eingriff der Verzahnung über die gesamte Zahnbreite erfolgen, wodurch eine optimale Drehmomentübertragung und ein optimaler Lastausgleich möglich ist. Eine solche Anordnung führt dazu, daß bei Abnutzung der Verzahnung ein axialer Versatz der Sonnen- und Planetenräder zu der Bezugsebene in geringen Grenzen gehalten wird und eine ausreichende Drehmomentübertragung und ein ausreichender Lastausgleich weiterhin sichergestellt werden.

Weiterhin sind die Planetenräder 3 auf der jeweiligen Planetenachse 8 in Axialrichtung voneinander weg mittels einer Tellerfeder 11 kraftbeaufschlagt. Die Planetenachse 8 ist an ihren beiden Enden mittels eines Gleitstücks 12 radial verstellbar.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, ist das Gleitstück 12 der

Planetenachse 8 jeweils in einer Durchgangsöffnung 13 des Planetensteges 9 verschiebbar angeordnet, wodurch die auf der Planetenachse 8 angeordneten Planetenräder 3 selbsttätig radial zu den Hohlradern 2 oder den Sonnenrädern 1 hin verschiebbar sind.

Zum Ausgleichen eines Zahnflankenspiels können die Planetenräder 3 mittels der Tellerfeder 11 entsprechend der Größe des auftretenden Spiels unabhängig voneinander auf der Planetenachse 8 axial verschoben werden. Hierbei ist gleichzeitig eine axiale Verschiebung der Sonnenräder 1 auf der Antriebswelle 4 zur Anpassung an die Ausgleichsbewegung der Planetenräder 3 möglich, um eine gleichmäßige Lastverteilung zwischen den Zahnradpaaren zu erreichen.

Außerdem kann das Zahnflankenspiel zusätzlich durch eine radiale Verschiebung der Planetenachse 8 mittels des Gleitstücks 12 ausgeglichen werden, wenn ein ungleichmäßiges Zahnflankenspiel zwischen den Sonnen-, Planeten- und Hohlradern auftritt. Hierzu wird das Gleitstück 12 innerhalb der Durchgangsöffnung 13 des Planetensteges 9 selbsttätig nach oben bzw. nach unten verschoben.

Patentansprüche

1. Planetengetriebe mit einem Paar von Sonnenrädern (1), die drehfest auf einer gemeinsamen Antriebswelle (4) angeordnet sind, einem zu den Sonnenrädern (1) konzentrischen Paar von Hohlradern (2), einer Mehrzahl von Paaren von Planetenrädern (3), die mit den Sonnenrädern (1) und mit den Hohlradern (2) in Eingriff stehen und jeweils auf einer gemeinsamen Planetenachse (8) drehbar abgestützt sind, die an einem Planetensteg (9) radial zur Drehachse der Antriebswelle (4) verstellbar befestigt ist, der drehfest auf einer koaxial zur Antriebswelle (4) angeordneten Abtriebswelle (10) angebracht ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sonnenräder (1), Hohlräder (2) und Planetenräder (3) als konische Stirnräder mit über die Zahnbreite stetig veränderter Profilverschiebung ausgebildet sind, wobei die beiden Sonnenräder (1) und die beiden Hohlräder (2) jeweils fest zueinander angeordnet sind, und die Planetenräder (3) auf der jeweiligen Planetenachse (8) unabhängig voneinander axial verschiebbar sind.
2. Planetengetriebe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sonnenräder (1) auf der Antriebswelle (4) axial verschiebbar sind.
3. Planetengetriebe nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die positive Profilverschiebung an den einander zugewandten Seiten des Paares von Planetenrädern (3) und an den einander abgewandten Seiten des Paares von Sonnenrädern (1) und Hohlradern (2) vorgesehen ist.
4. Planetengetriebe nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Planetenräder (3) auf der jeweiligen Planetenachse (8) in Axialrichtung voneinander weg kraftbeaufschlagt sind.
5. Planetengetriebe nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Planetenräder (3) mittels Tellerfedern (11) voneinander weg kraftbeaufschlagt sind.
6. Planetengetriebe nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Planetenräder (3) mittels einer hydraulischen oder pneumatischen Steuereinrichtung voneinander weg kraftbeaufschlagt sind.
7. Planetengetriebe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß jede Planetenachse (8) an ihren beiden Enden mittels eines Gleitstücks (12) radial verstellbar ist, das jeweils in einer Durchgangsöffnung (13) des Planetensteges (9) ver-

schiebbar angeordnet ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

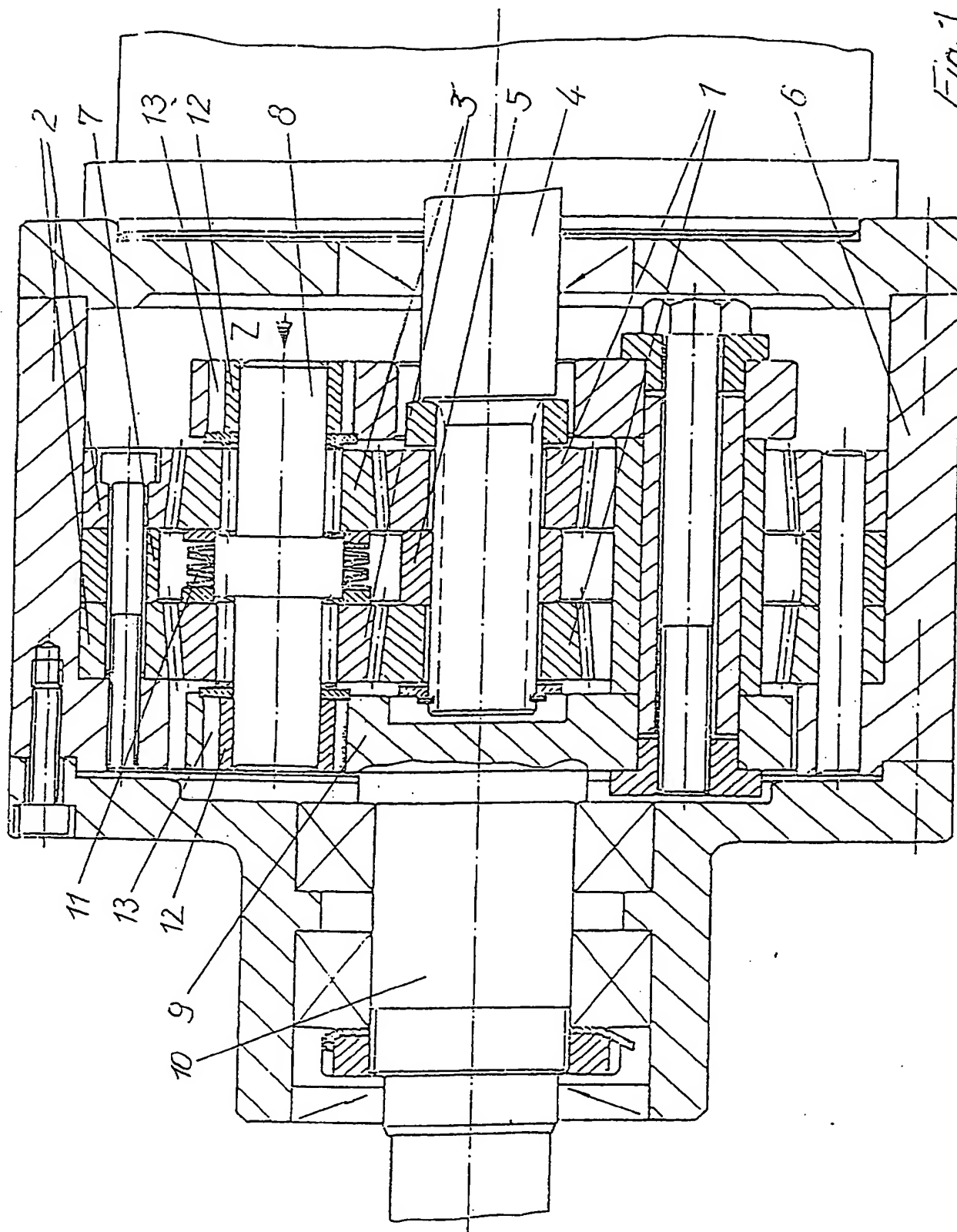


Fig. 1

Ansicht Z

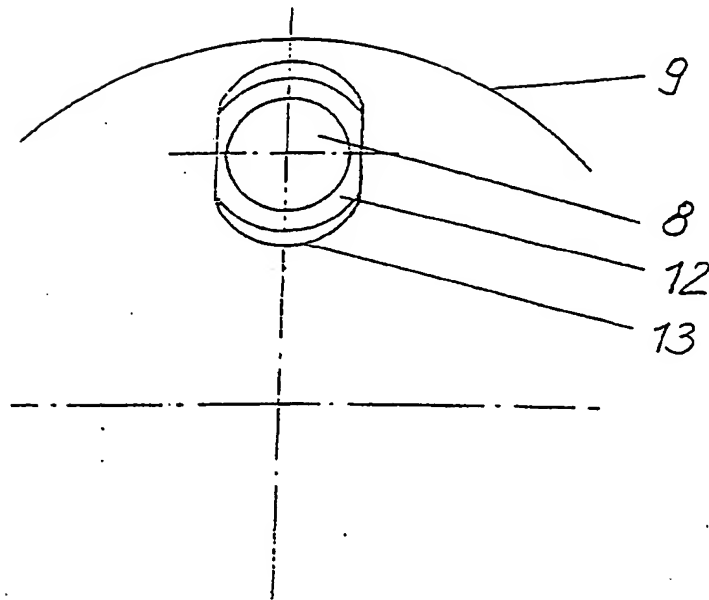


Fig. 2